

D1



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Patentschrift  
⑩ DE 195 19 768 C 2

⑤1 Int. Cl.<sup>8</sup>:  
**B 60 T 8/60**  
B 60 T 8/18  
G 01 L 5/28  
B 60 T 13/60  
B 60 T 8/00

②1 Aktenzeichen: 195 19 768.2-21  
②2 Anmeldetag: 30. 5. 95  
④3 Offenlegungstag: 5. 12. 98  
④6 Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 28. 5. 97

DE 195 19 768 C 2

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦3 Patentinhaber:

Knorr-Bremse Systeme für Nutzfahrzeuge GmbH,  
80809 München, DE

⑦4 Vertreter:

von Bülow, T.,  
Dipl.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing. Dr. rer. pol., Pat.-Anw.,  
81545 München

⑦2 Erfinder:

Utzt, Alfred, 82258 Fürstenfeldbruck, DE; Müller,  
Georg, 80809 München, DE; Holler, Gusztáv,  
Budapest, HU

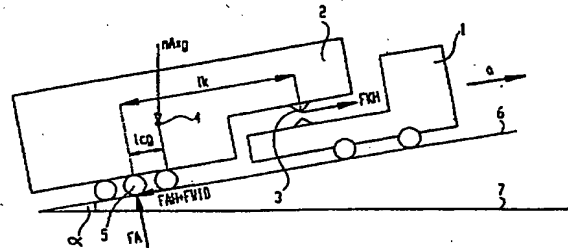
⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE	44 48 358 C1
DE	44 12 430 C1
DE	41 30 848 C1
DE	40 35 805 C1
DE	42 20 991 A1
US	50 02 343
EP	06 21 161 A1

⑤4 Verfahren und Vorrichtung zum Einstellen der Bremskraft eines Anhängers eines aus einem Zugfahrzeug und mindestens einem Anhänger bestehenden Fahrzeugverbundes

⑤7 Verfahren zum Einstellen der Bremskraft eines Anhängers eines aus einem Zugfahrzeug und mindestens einem Anhänger bestehenden Fahrzeugverbundes mit folgenden Schritten:

- Ermitteln einer Vielzahl von Ist-Werten einer das Bremsverhalten des Anhängers charakterisierenden Größe als Funktion eines Bremsanforderungssignales und der dadurch ausgelösten Bremskraft des Anhängers für eine Vielzahl von am Zugfahrzeug eingesteuerte Bremsanforderungssignale;
- Bestimmen einer Ist-Abbremskennlinie aus der Vielzahl von Ist-Werten der das Bremsdruckverhalten des Anhängers charakterisierenden Größen;
- Festlegen einer Soll-Abbremskennlinie des Anhängers nach einer frei vorgebbaren Funktion aus der Ist-Abbremskennlinie des Anhängers;
- Ermitteln eines Korrekturwertes für das Bremsanforderungssignal des Anhängers als Differenz zwischen der Soll-Abbremskennlinie und der Ist-Abbremskennlinie;
- Verändern des Bremsanforderungssignales für das Zugfahrzeug um den Korrekturwert; und
- Einsteuern des korrigierten Bremsanforderungssignales am Anhänger.



DE 195 19 768 C 2

## Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Einstellen der Bremskraft eines Anhängers eines aus einem Zugfahrzeug und mindestens einem Anhänger bestehenden Fahrzeugverbundes.

Aus der DE 41 30 848 C1 ist es bekannt, die Bremskraft zwischen einem Zugfahrzeug und einem Anhänger so aufzuteilen, daß die Koppelkräfte zwischen Zugwagen und Anhänger minimiert werden. Zu diesem Zweck werden dort die Drehzahlen aller nicht angetriebenen Räder des Zugfahrzeuges und des Anhängers gemessen und wenigstens ein für die Raddrehgeschwindigkeit einer Achse des Anhängers repräsentatives Signal an das Zugfahrzeug übertragen. Weiter wird im Falle einer Bremsung der Bremsdruck für den Anhänger als Produkt aus dem Bremsdruck des Zugfahrzeuges und einem Druckrelationskoeffizienten berechnet und dem Anhänger bereitgestellt. Mit diesen beiden Meßgrößen wird letztlich eine das Bremsverhalten des Anhängers charakterisierende Größe als Funktion eines Bremsanforderungssignales und der dadurch ausgelösten Bremskraft des Anhängers laufend ermittelt und damit auch für eine Vielzahl von am Zugfahrzeug eingesteuerte Bremsanforderungssignale, wobei bei diesem Stand der Technik die tatsächliche Abbremsung ermittelt wird. Während einer laufenden Bremsung wird durch Analyse des Anhängerbremsdruckes und der relativen Differenz zwischen mittleren Raddrehgeschwindigkeiten der nicht angetriebenen Räder des Zugfahrzeuges und des Anhängerfahrzeuges sowie der tatsächlichen Abbremsung geprüft, ob eine stationäre Bremsphase vorliegt und ein Korrekturwert für den Druckrelationskoeffizienten in Abhängigkeit von der aktuellen Differenz zwischen der momentanen relativen Differenz zwischen mittleren Raddrehgeschwindigkeiten nicht angetriebene Räder des Zugfahrzeuges und des Anhängerfahrzeuges ermittelt. Darauf wird der Druckrelationskoeffizient korrigiert und das Bremsanforderungssignal für das Zugfahrzeug wird mit dem so korrigierten Druckrelationskoeffizienten verändert und als korrigiertes Bremsanforderungssignal für den Anhänger verwendet.

Die US-PS 5,002,343 zeigt ein elektronisches Bremssystem für einen Sattelschlepperzug. An Vorder- und Hinterachse des Zugfahrzeuges sind Beladungssensoren und an der Kupplung von Zugfahrzeug und Anhänger ist ein Koppelkraftsensor vorgesehen. Der Koppelkraftsensor mißt die Zug- und Druckkraft, die der Anhänger auf das Zugfahrzeug ausübt. Hieraus wird beim Beschleunigen die gesamte Zugmasse mit Hilfe der Koppelkraft bestimmt. Entsprechend der daraus ermittelten Anhänger- bzw. Aufliegermasse wird dann die Bremskraftaufteilung zwischen Zugfahrzeug und Anhänger festgelegt.

Bei der DE 40 35 805 C1 wird ebenfalls die Koppelkraft zwischen Zugfahrzeug und Anhänger gemessen und durch Variation des Bremsdruckes des Anhängers auf einen vorgegebenen Sollwert gebracht. Der dafür benötigte Bremsdruck des Anhängers wird bei einem vorangegangenen Bremsvorgang, bei dem die Koppelkraft gleich ihrem Sollwert ist, unter Berücksichtigung des Bremsdruckes Zugfahrzeuges, ermittelt.

Bei der DE 42 20 991 A1 wird durch einen Sensor gemessen, ob die Druckkraft in Fahrtrichtung zwischen Anhänger und Zugfahrzeug einen bestimmten Schwellwert überschreitet, worauf dann von einem Mikrocomputer die Bremskraftaufteilung zwischen Zugfahrzeug und Anhänger eingestellt wird.

Die DE 41 30 848 C1 beschreibt ein Verfahren zur Bremsdruckregelung für einen Anhänger, ohne daß ein Koppelkraftsensor benötigt wird. Es werden dort lediglich die Radgeschwindigkeiten am Zugfahrzeug und am Anhänger ermittelt. Die Bremskraftaufteilung zwischen Zugfahrzeug und Anhänger wird so eingestellt, daß die mittlere Drehgeschwindigkeit der Räder nicht-angetriebene Achsen beider Fahrzeugteile angeglichen sind. Der Anhängerbremsdruck wird ausgehend von einem vorgegebenen Startwert entsprechend nachgeführt.

Die EP 0 621 161 A1 beschreibt ein Verfahren zum Ermitteln der Auflaufkraft eines Anhängers, bei dem die zwischen Zugfahrzeug und Anhänger wirkenden Kräfte ohne Verwendung von Lastsensoren bestimmt werden können.

Die älteren, nicht veröffentlichten deutschen Patente DE 44 12 430 C1 und DE 44 46 358 C1 beschreiben schließlich ein Verfahren zum Einstellen der Bremskraftaufteilung zwischen einem Zugfahrzeug und einem Anhänger, bei dem die Gesamtenergie des Fahrzeugverbundes zu drei verschiedenen Zeitpunkten aus gemessenen und fahrzeugspezifischen Größen entsprechenden gespeicherten Werten ermittelt wird. Hieraus läßt sich die Fahrzeugmasse und der Hangneigungswinkel bestimmen und die Bremskraftaufteilung zwischen Zugfahrzeug und Anhänger einstellen. Bei der letztgenannten DE 44 46 358 C1 werden die Messungen nur dann durchgeführt, wenn sich das Fahrzeug im nicht-angetriebenen Zustand befindet und die Bremse nicht betätigt ist.

Allgemein kann man festhalten, daß beim Abbremsen eines Fahrzeugverbundes der Fahrer über das Bremspedal ein Bremsanforderungssignal erzeugt, aus welchem für das Zugfahrzeug und den Anhänger ein einzustellender Bremsdruck erzeugt wird. Der Bremsdruck, der am Zugfahrzeug eingesteuert wird, ist von dem Bremsdruck am Anhänger verschieden, wobei es grundsätzliches Ziel ist, die Koppelkräfte zwischen Zugfahrzeug und Anhänger innerhalb vorgegebener Grenzen zu halten und dies auch bei unterschiedlichen Beladungszuständen des Anhängers.

Bei dem oben beschriebenen Stand der Technik wird jedoch allenfalls indirekt berücksichtigt, daß verschiedene Anhänger sehr stark unterschiedliche Bremskennlinien haben. Unter Bremskennlinie wird die Bremskraft in Abhängigkeit vom eingesteuerten Bremsdruck verstanden. Wird — wie beim Stand der Technik — der Bremsdruck des Anhängers in Abhängigkeit von der Koppelkraft zwischen Anhänger und Zugfahrzeug geregelt, so wird dadurch zwar indirekt die Bremskennlinie des Anhängers mit berücksichtigt, es bedarf jedoch einer bestimmten Zeitdauer ehe die Regelung den "richtigen" Bremsdruck im Anhänger eingesteuert hat, wobei es je nach Art des verwendeten Reglers auch zu Einschwingvorgängen oder Überschwingungen kommen kann.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, Verfahren und Vorrichtungen der eingangs genannten Art dahingehend weiter zu bilden, daß der Bremsdruck des Anhängers in Abhängigkeit von der Bremsanforderung für die gesamten Fahrzeugverbund möglichst rasch optimal eingesteuert wird.

Diese Aufgabe wird für das Verfahren durch die im Patentanspruch 1 und für die Vorrichtung durch die im Patentanspruch 13 angegebenen Merkmale gelöst.

Vorteilhafte Ausgestaltung und Weiterbildungen der Erfindung sind den Unteransprüchen zu entnehmen.

Die Grundidee der Erfindung liegt darin, die Bremskennlinie, d. h. Bremskraft in Abhängigkeit vom Bremsdruck des Anhängers durch mehrere Messungen zu bestimmen und bei folgenden Bremsvorgängen den Bremsdruck des Anhängers so zu regeln, daß ausgehend von der ermittelten Bremskennlinie des Anhängers eine frei vorgebbare Soll-Kennlinie des Anhängers erreicht wird. Mit anderen Worten wird vom Zugfahrzeug aus gesehen dem Anhänger eine beliebige gewünschte "Soll"-Bremskennlinie aufgezwungen. Vom Zugfahrzeug aus gesehen hat damit jeder beliebige Anhänger unabhängig von seinen an sich vorhandenen Bremseigenschaften stets dieselbe eindeutig festgelegte Bremskennlinie. Für jedes Bremsanforderungssignal des Fahrers läßt sich daraus ein eindeutiger, an die Bremskennlinie des Zugfahrzeuges angepaßter Bremsdruck für den Anhänger vorausbestimmen, der dann ohne Regelungsvorgang sofort am Anhänger eingesteuert werden kann.

Die Soll-Bremskennlinie des Anhängers kann nach einer frei vorgebbaren Funktion festgelegt werden. Nach einer Variante der Erfindung wird die Bremskennlinie des Anhängers so bestimmt, daß sie gleich der Bremskennlinie des Zugfahrzeuges ist, womit alle Achsen des Fahrzeugverbundes gleich gebremst werden. Dies erfolgt durch die Beziehung

$$\frac{F_h}{F_v} = \frac{a}{g}$$

wobei  $F_h$  die horizontale Koppelkraft  $F_v$  die vertikale Koppelkraft,  $a$  die Fahrzeugbeschleunigung und  $g$  die Erdbeschleunigung.

Nach einer anderen Variante der Erfindung wird die Kennlinie des Anhängers so festgelegt, daß sie mittig in einem vorgegebenen Kompatibilitätsband liegt.

Zur Bestimmung der Ist-Bremskennlinie wird aus einer großen Anzahl von Meßwerten, die durchaus extrem streuen können, nach der Methode der kleinsten Fehlerquadrate eine Gerade gebildet. Diese Gerade wird dann als tatsächliche Kennlinie des Anhängers angesehen und nach der erwähnten frei vorgebbaren Funktion entsprechend den obigen Kriterien angepaßt.

Da die einzelnen Meßwerte für die Ist-Bremskennlinie des Anhängers in der Praxis stark streuen, was beispielsweise durch Fahrbahnunebenheiten bedingt ist, kann im Einzelfall die als Gerade angenommene Bremskennlinie von den tatsächlichen Werten stark abweichen. Um ein Überbremsen des Anhängers zu vermeiden, sieht eine Weiterbildung der Erfindung vor, daß für die Festlegung der Soll-Bremskennlinie aus der als Gerade vorliegenden Ist-Bremskennlinie bestimmte Grenzbedingungen einzuhalten sind. Diese Grenzbedingungen sind:

Der maximale Bremsdruck im Anhänger wird auf einen vorgegebenen Wert (von beispielsweise 7 bar) begrenzt; die maximale Druckerhöhung des Bremsdruckes für den Anhänger gegenüber dem Bremsdruck des Zugfahrzeuges wird auf einen vorgegebenen Wert (von beispielsweise 2) bar begrenzt.

Die Messung der einzelnen Punkte der Ist-Kennlinie kann in beliebiger Weise erfolgen, beispielsweise auch mittels Sensoren wie Koppelkraftsensoren an der Anhängerkupplung, Lastsensoren für die Bestimmung der Masse des Anhängers etc.

Grundsätzlich ist die Bremskennlinie eines Anhängers durch folgende Beziehung bestimmt:

$$Z_{ist} = \frac{F_{AH}}{F_A} = \frac{m_A * a - F_{KH} - F_{WD} + m_A * g * \sin \alpha}{m_A * g * \frac{l_K - l_{CG}}{l_K} * \cos \alpha}$$

wobei  $Z_{ist}$  der Istwert der Abbremsung

$F_{AH}$  die Bremskraft zwischen Fahrbahn und den Rädern des Anhängers;

$F_A$  die senkrecht zur Fahrbahn wirkende Achslast des Anhängers;

$m_A$  die Masse des Anhängers;

$a$  die Beschleunigung des Fahrzeugverbundes;

$F_{KH}$  die horizontale Koppelkraft an der Anhängerkupplung;

$F_{WD}$  die Kraft aus Summe von Rollwiderstand und Luftwiderstand;

$g$  die Erdbeschleunigung;

$\alpha$  die Hangneigung zwischen der Straße und einer horizontalen Ebene;

$l_K$  der Abstand zwischen dem Königszapfen der Anhängerkupplung und der mittleren Achse des Anhängers; und

$l_{CG}$  der Abstand zwischen dem Schwerpunkt des Aufliegers und der mittleren Achse des Aufliegers ist.

Die Größen  $F_{WD}$ ,  $l_K$  und  $l_{CG}$  sind fahrzeugspezifische Werte, die vom Hersteller als unveränderliche Größen eingegeben werden. Ebenso ist die Erdbeschleunigung  $g$  eine konstante, bekannte Größe. Die Masse des Anhängers  $m_A$  liegt bei moderneren Fahrzeugen mit Luftfederung als Meßwert vor. Sie kann aber auch zusammen mit dem Hangneigungswinkel gemäß der älteren nicht vorveröffentlichten deutschen Patente DE 44 12 430 C1 oder DE 44 46 358 C1 durch folgende Schritte bestimmt werden:

- Messen der Fahrzeuggeschwindigkeit ( $v$ ),
- Messen einer mit der Antriebsenergie des Zugfahrzeuges verknüpften Größe ( $Md$ ) und
- Messen einer mit der Bremsenergie verknüpften Größe ( $p$ ) zu drei verschiedenen Zeitpunkten ( $t_0, t_1, t_2$ ),
- Ermitteln der Gesamtenergie ( $E_0, E_1, E_2$ ) des Fahrzeugverbundes zu diesen drei genannten Zeitpunkten ( $t_0, t_1, t_2$ ) aus den gemessenen und aus fahrzeugspezifischen Größen entsprechenden gespeicherten Werten, wobei diese nach folgender Beziehung ermittelt wird:

$$E = E_{\text{antr}} + E_{\text{kin}} + E_{\text{pot}} - E_{\text{roll}} - E_{\text{vw}} - E_{\text{br}}$$

wobei

- $E$  die Gesamtenergie des Fahrzeugverbundes,
- $E_{\text{antr}}$  die Antriebsenergie als Funktion der mit der Antriebsenergie verknüpften Größe ( $Md$ ),
- $E_{\text{kin}}$  die kinetische Energie des Fahrzeugverbundes als Funktion der Masse ( $m$ ) und der Geschwindigkeit ( $m/2 \cdot v^2$ ),
- $E_{\text{pot}}$  die potentielle Energie als Funktion der Masse ( $m$ ), des zurückgelegten Weges ( $s$ ) und des Hangneigungswinkels ( $\alpha$ ) nach der Beziehung  $m \cdot g \cdot s \cdot \sin(\alpha)$ ,
- $E_{\text{roll}}$  die Rollenergieverluste als Funktion der Masse, der Erdbeschleunigung und einer Konstanten,
- $E_{\text{vw}}$  die Windwiderstandsverluste als Funktion des Windwiderstandsbeiwertes und der Geschwindigkeit und
- $E_{\text{br}}$  die Bremsenergieverluste als Funktion der Fahrzeuggeschwindigkeit ( $v$ ) und der mit der Bremsenergie verknüpften Größe ( $p$ ) sind,
- Bestimmen der Fahrzeugmasse ( $m$ ) und des Hangneigungswinkels ( $\alpha$ ) aus den ermittelten Energiewerten ( $E_0, E_1, E_2$ ), wobei dazu zweimal je zwei der zu drei verschiedenen Zeitpunkten ( $t_0, t_1, t_2$ ) ermittelten Energiewerte ( $E_0, E_1, E_2$ ) als gleich groß angenommen werden ( $E_0 = E_1, E_0 = E_2$ ).

Vorzugsweise werden die Gesamtenergie ( $E_0$ ) zum ersten der drei genannten Meßzeitpunkte ( $t_0$ ) gleich der kinetischen Energie des Fahrzeugverbundes gesetzt, während alle übrigen Teilenergien zu Null gesetzt werden.

Eine Weiterbildung besteht darin, daß die drei genannten Meßzeitpunkte ( $t_0, t_1, t_2$ ) in äquidistanten Zeitabständen zueinander liegen, daß zu allen drei Meßzeitpunkten der Hangneigungswinkel als konstant angesetzt wird und daß die Energie ( $E_0$ ) zum ersten Meßzeitpunkt gleich der Energie ( $E_1$ ) zum zweiten und gleich der Energie ( $E_2$ ) zum dritten Meßzeitpunkt gesetzt wird, woraus dann die Fahrzeugmasse ( $m$ ) und der Hangabtriebswinkel ( $\alpha$ ) ermittelt wird.

Die Fahrzeugbeschleunigung  $a$  (die beim Abbremsen negative Werte annimmt), wird von dem im Zugfahrzeug vorhandenen Blockierschutzgerät als "Meß-Wert" bereitgestellt. Die Koppelkraft  $F_{KH}$  läßt sich gemäß dem aus dem Stand der Technik (EP 0 621 161 A1) bekannten Verfahren ebenfalls aus im Fahrzeugverbund ohnehin schon vorhandenen Meßwerten ableiten, ohne daß spezielle Koppelkraftsensoren benötigt werden.

Ein wichtiger Vorteil der Erfindung liegt auch darin, daß Kräfte, die nur auf das Zugfahrzeug wirken, wzb. Windkräfte oder ein Retarder keinen Einfluß auf die Bestimmung der Kennlinie des Anhängers haben.

Hat man, wie oben beschrieben, die Ist-Bremskennlinie des Anhängers ermittelt, so wird bei der Modifikation der Erfindung mit dem Kompatibilitätsband geprüft, ob diese Ist-Kennlinie in diesem Kompatibilitätsband liegt. Ist dies der Fall, handelt es sich um einen gut gebremsten Anhänger; Korrekturen sind dann nicht erforderlich. Bei einem schlecht gebremsten Anhänger wird der im Anhänger eingesteuerte Bremsdruck soweit erhöht, bis man bei der entsprechenden Bremsanforderung innerhalb des Kompatibilitätsbandes liegt, wobei allerdings die oben genannten Grenzbedingungen einzuhalten sind.

Mit der Erfindung erhält man die Möglichkeit, auch sehr schlecht gebremste Anhänger mit einer sehr flach verlaufenden Bremskennlinie mit einem gut gebremsten Zugfahrzeug zu koppeln und trotzdem auch für den Anhänger die jeweils optimale Bremskraft einsteuern zu können.

Im folgenden wird die Erfindung im Zusammenhang mit der Zeichnung ausführlich erläutert. Es zeigt:

Fig. 1 Ein schematisches Diagramm eines Fahrzeugverbundes auf einer Steigung, zur Erläuterung der verschiedenen Begriffe;

Fig. 2 ein Diagramm der Abbremsung in Abhängigkeit vom Bremsdruck für zwei verschiedene Anhänger;

Fig. 3 verschiedene Diagramme von Druckverläufen und Abbremsungsverläufen nach der Erfindung; und

Fig. 4 ein Blockschaltbild einer Vorrichtung nach der Erfindung.

Zunächst sei auf Fig. 1 Bezug genommen:

Bei einem Anhänger wzb. dem Auflieger eines Sattelschleppers ergibt sich bei einem Beladungszustand durch einen Anhängersteuerdruck  $P_{\text{anh}}$  eine Bremskraft  $F_{\text{AH}}$  und eine senkrecht zur Fahrbahn wirkende Achslast  $F_A$ . Die aktuelle Abbremsung  $Z$  des Aufliegers lautet somit

$$Z = \frac{F_{\text{AH}}}{F_A}$$

Für den in Fig. 1 dargestellten Zugverbund bestehend aus einem Zugfahrzeug 1 und einem Auflieger 2, die über eine Anhängerkupplung 3 miteinander verbunden sind und bei dem der Abstand zwischen dem Königszapfen der Anhängerkupplung 3 und der mittleren Achse 5 des Aufliegers 2 den Wert  $l_k$  sowie der Abstand zwischen dem Schwerpunkt 4 des Aufliegers 2 und der mittleren Achse 5 des Aufliegers 2 den Wert  $l_{CG}$  hat und die Hangneigung  $\alpha$  zwischen der Straße 6 und einer horizontalen Ebene 7 bekannt ist und schließlich die Masse

des Aufliegers  $m_A$  beträgt, ergibt sich für die aktuelle Abbremsung  $Z_{ist}$  aus der Bedingung des Gleichgewichtes der Kräfte die oben erwähnte Beziehung:

$$Z_{ist} = \frac{F_{AH}}{F_A} = \frac{m_A * a - F_{KH} - F_{WD} + m_A * g * \sin \alpha}{m_A * g * \frac{l_K - l_{Co}}{l_K} * \cos \alpha}$$

bei der  $a$  und  $F_{KH}$  Funktionen des Bremsdruckes sind.

Im allgemeinen kann das Bremsverhalten eines Anhängers durch ein Diagramm (vgl. Fig. 2 und 3) charakterisiert werden, welches die oben definierte Abbremsung  $Z$  in Abhängigkeit vom Anhängerbremsdruck  $P_{ANH}$  (auch als Anhängersteuerdruck bezeichnet) wiedergibt. Dieses hier als "Bremskennlinie" bezeichnete und in der Fachliteratur auch manchmal als "Abbremsungsverhältnis" genannte Bremsverhalten ist in Fig. 2 für einen gut gebremsten Anhänger mit der Kennlinie A1 und für einen schlecht gebremsten Anhänger mit der Kennlinie A2 dargestellt. Die Kennlinie A1 beginnt im Koordinatenursprung, d. h. schon bei sehr geringem Anhängersteuerdruck ist eine Bremswirkung vorhanden. Im Verhältnis zur Kennlinie A2 verläuft die Kennlinie A1 auch relativ steil entsprechend einer linearen Funktion. Die Kennlinie A2 des "schlecht" gebremsten Anhängers verläuft demgegenüber deutlich flacher und zeigt einen "toten" Bereich, in welchem trotz schon vorliegendem Anhängersteuerdruck noch keinerlei Bremswirkung festzustellen ist.

Die beiden gestrichelt dargestellten Linien  $B_{K1}$  und  $B_{K2}$  schließen zwischen sich ein "Kompatibilitätsband"  $B_K$  ein, innerhalb dessen die Bremskennlinie des Anhängers liegen soll, damit Zugfahrzeug und Anhänger hinsichtlich der Bremswirkung miteinander kompatibel sind, was gleichbedeutend damit ist, daß die Koppelkräfte zwischen Zugfahrzeug und Anhänger innerhalb vorgegebener Grenzen bleiben. Dieses Kompatibilitätsband wird durch die Bremskennlinie des Zugfahrzeuges festgelegt, wobei im Regelfall die Bremskennlinie des Zugfahrzeuges in der Mitte des Kompatibilitätsbandes liegt. Bei der Erfindung ist es aber auch möglich, das Kompatibilitätsband nach einer anderen beliebigen Funktion festzulegen, die frei vorgebar ist. Damit läßt sich dem Anhänger eine beliebige Bremskennlinie zuordnen. So ist es beispielsweise auch möglich, die Bremskennlinie des Anhängers so festzulegen, daß der Absolutwert der Schubkräfte an der Anhängerkupplung vom maximal möglichen Absolutwert der Zugkräfte an der Anhängerkupplung abweicht. In diesem Falle würde man das Kompatibilitätsband also unsymmetrisch zur Bremskennlinie des Zugfahrzeuges legen. Das Kompatibilitätsband muß auch nicht, wie in Fig. 2 dargestellt, durch eine gerade Linie definiert sein. Es können beliebige Funktionen, d. h. gekrümmte Linien vorgegeben werden. So ist es auch möglich, die "Breite" des Kompatibilitätsbandes in Abhängigkeit vom Druck zu verändern, beispielsweise so, daß bei kleinen Bremsdrücken das Kompatibilitätsband relativ breit und bei großen Bremsdrücken demgegenüber schmal ist. Auch ist es möglich, das Kompatibilitätsband von weiteren Parametern abhängig zu machen, beispielsweise von der Fahrzeuggeschwindigkeit, der Fahrzeugverzögerung oder der Masse des Fahrzeugverbundes. Beispielsweise könnte das Kompatibilitätsband bei geringen Geschwindigkeiten breiter sein als bei höheren Geschwindigkeiten.

Fig. 3a zeigt den Bremsdruck des Anhängers  $p_A$  in Abhängigkeit vom Bremsdruck des Zugfahrzeuges  $p_Z$  bei einem Fahrzeug ohne die vorliegende Erfindung. Die beiden Drücke sind identisch, d. h. gleich groß; die entsprechende Kennlinie verläuft daher unter einem Winkel von  $45^\circ$  zu den beiden Hauptachsen.

In Fig. 3b ist die Abbremsung  $Z_A$  des Anhängers in Abhängigkeit vom Bremsdruck des Zugfahrzeuges  $p_Z$ , der ohne die Erfindung gleich dem Druck  $p_A$  des Anhängers ist, als durchgezogene Linie dargestellt. Das "Kompatibilitätsband"  $B_K$  ist doppelt schraffiert dargestellt. Solange die Bremskennlinie innerhalb dieses Kompatibilitätsbandes  $B_K$  liegt, kann man davon ausgehen, daß die Bremskennlinie des Anhängers und die des Zugfahrzeuges mit ausreichender Genauigkeit zueinander passen. Für die in Fig. 3b dargestellte Bremskennlinie eines Anhängers ist dies nur im unteren, dagegen nicht im oberen Druckbereich gegeben. Bei höheren Bremsdrücken für Zugfahrzeug und Anhänger würde daher der Anhänger im Verhältnis zum Zugfahrzeug deutlich zu schwach bremsen mit den bekannten negativen Folgen, angefangen von übermäßiger Abnutzung der Bremsen des Zugfahrzeuges bis hin zur Instabilität des gesamten Fahrzeugverbundes und Abknicken des Zugfahrzeuges in Bezug auf die Längsachse des Anhängers.

Mit dem Verfahren nach der Erfindung (Fig. 3c und d) wird die Bremskennlinie  $Z_{ist}$  des Anhängers aus einer Vielzahl von gemessenen Werten bestimmt. Nach einer Variante der Erfindung wird aus der Vielzahl von ermittelten Werten für  $Z_{ist}$  nach der Methode der Summe der kleinsten Fehlerquadrate eine Gerade gebildet, die als Ist-Kennlinie  $Z_{ist}$  der Abbremsung angesehen wird. Sodann wird bei einer konkreten Bremsanforderung  $P_1$  geprüft, ob der zugehörige Wert  $Z_{ist1}$  dieser Kennlinie innerhalb des Kompatibilitätsbandes  $B_K$  liegt. Ist dies der Fall, wird im Zugfahrzeug und im Anhänger der gleiche Bremsdruck eingesteuert. Ist dies dagegen nicht der Fall, d. h.  $Z_{ist1}$  liegt außerhalb des Kompatibilitätsbandes  $B_K$ , so wird der Bremsdruck  $p_A$  für den Anhänger gegenüber dem Bremsdruck  $p_Z$  für das Zugfahrzeug verändert, d. h. im gezeigten Beispiel um  $\Delta p_2$  (Fig. 3d) erhöht, so daß das Abbremsverhalten des Anhängers um den Betrag  $\Delta Z_2$  gemäß Fig. 3c verbessert wird, womit das Abbremsverhalten des Anhängers der Kennlinie  $Z_{soll2}$  folgt. Bei einem im Verhältnis zum Zugfahrzeug "besser" bremsenden Anhänger (was in der Praxis wohl selten vorkommt) wird der Bremsdruck des Anhängers dagegen abgesenkt, bis er innerhalb des Kompatibilitätsbandes  $B_K$  liegt.

In Fig. 3c ist zu erkennen, daß sich die Sollkurve  $Z_{soll}$  für die Abbremsung ab einem bestimmten Bremsdruck in zwei Kurven  $Z_{soll1}$  und  $Z_{soll2}$  aufspaltet. Die Kurve  $Z_{soll1}$  verläuft in etwa parallel zur oberen Grenze  $B_{K1}$  des Kompatibilitätsbandes  $B_K$ , während die Kurve  $Z_{soll2}$  parallel zur tatsächlichen Abbremskurve  $Z_{ist}$  verläuft. Je

nachdem, ob die Abbremskurve des Anhängers bis zur Kurve  $Z_{\text{sol}12}$  oder  $Z_{\text{sol}11}$  angehoben wird, ergibt sich eine entsprechende Druckerhöhung des Anhängersteuerdruckes über den Zugfahrzeugsteuerdruck entsprechend der Druckanhebung  $\Delta P_2$  bzw.  $\Delta P_1$  gemäß Fig. 3d, was einer Anhebung der Bremskennlinie um  $\Delta Z_2$  bzw.  $\Delta Z_1$  in Fig. 3c entspricht.

Nach einer Weiterbildung der Erfindung wird die Bremskennlinie des Anhängers nur bis zur Kurve  $Z_{\text{sol}12}$  "angehoben", d. h. die Bremsdruckerhöhung des Anhängersteuerdruckes wird auf einen fest vorgegebenen Maximalwert  $\Delta P_2$  begrenzt, der beispielsweise den Wert von 2 bar hat.

Dem liegen folgende Überlegungen zugrunde:

Die Meßwerte, aus denen die lineare Funktion  $Z_{\text{ist}}$  gemäß Fig. 3c gebildet wird, streuen in der Praxis sehr stark, was zu einem wesentlichen Anteil von Fahrbahnunebenheiten stammt, zum Teil durch Meßfehler, zum Teil durch Digitalisierungs- oder Rundungsfehler bei der Auswertung der Meßergebnisse, zum Teil aber auch durch Schwankungen der Brems-Charakteristik der individuellen Bremse. Die Festlegung der Bremskennlinie als Gerade  $Z_{\text{ist}}$  stellt daher eine in der Praxis sehr brauchbare aber trotzdem nicht immer den realen Verhältnissen entsprechende Näherung dar. So kann beispielsweise für einen Extremfall beim Bremsdruck  $p_1$  der Fig. 3c die tatsächliche Abbremsung  $Z_1$  betragen und daher innerhalb des Kompatibilitätsbandes  $B_K$  liegen, während die lineare Kennlinie  $Z_{\text{ist}}$  den sehr viel kleineren Wert  $Z_{\text{ist}}$  ergibt. Würde man in einem solchen Falle die Bremskennlinie um den Betrag  $\Delta Z_1$  anheben, um von  $Z_{\text{ist}}$  auf einen Wert  $Z_1$  auf der Soll-Kennlinie  $Z_{\text{sol}11}$  zu kommen, so würde man tatsächlich von  $Z_1$  aus den Wert  $Z_5$  erreichen, der deutlich oberhalb des Kompatibilitätsbandes  $B_{K1}$  liegt. Der Anhänger würde also massiv überbremst. Aus diesem Grunde ist die Anhebung der Kennlinie auf den Wert  $\Delta P_2$  begrenzt, so daß selbst wenn der Wert  $Z_1$  der real existierende Abbremsungswert ist, eine Anhebung um  $\Delta Z_2$  nur zum Wert  $Z_3$  führt, der innerhalb des Kompatibilitätsbandes  $B_K$  liegt.

Als weitere Maßnahme ähnlich Art ist vorgesehen, daß der Maximalwert des Bremsdruckes für den Anhänger auf einen vorgegebenen Wert von beispielsweise 7 bar begrenzt ist. Übersteigt der Bremsdruck des Zugfahrzeuges bei diesem Beispiel den Wert von 5 bar, so wird der Bremsdruck des Anhängers nicht mehr um den Maximalbetrag von  $\Delta p_2$  (2 bar) angehoben, sondern nur noch auf den begrenzten Absolutwert von 7 bar. Auch damit wird ein Überbremsen des Anhängers aufgrund von Abweichungen zwischen der tatsächlichen Abbremsung und der idealisierten Bremskennlinie  $Z_{\text{ist}}$  verhindert.

Fig. 2 zeigt in ähnlicher Darstellung wie Fig. 3c die Bremskennlinien eines gut gebremsten Anhängers A1 und eines schlecht gebremsten Anhängers A2. Die Kennlinie A1 liegt, abgesehen von einem kleinen unteren Druckbereich, innerhalb des Kompatibilitätsbandes. Eine Korrektur ist nicht erforderlich. Die Kennlinie A2 liegt dagegen überwiegend außerhalb des Kompatibilitätsbandes. Bei einem Bremsdruck  $p_6$  ergibt sich demnach eine Abbremsung  $Z_6$ , die unterhalb des Kompatibilitätsbandes  $B_K$  liegt. Um auf einen Abbremsungswert  $Z_7$  zu kommen, der innerhalb des Kompatibilitätsbandes  $B_K$  liegt, muß der Bremsdruck des Anhängers um den Betrag  $\Delta p$  auf den Wert  $p_7$  erhöht werden, womit dann die Abbremsung  $Z_7$  erreicht wird, die innerhalb des Kompatibilitätsbandes  $B_K$  liegt. In diesem Fall wird also am Zugfahrzeug der Druck  $p_6$  eingesteuert, während beim Anhänger der Druck  $p_7$  eingesteuert wird, um so für den Anhänger eine mit dem Zugfahrzeug kompatible Abbremsung zu erhalten.

Fig. 4 zeigt ein Blockschaltbild einer Vorrichtung nach der Erfindung.

Das Zugfahrzeug ist durch einen Block 11 und der Anhänger durch einen Block 12 dargestellt. Das Zugfahrzeug enthält ein Bremsventil 13 und mindestens einen Sensor 14, der hier ein Drehzahlgeber ist, der ein der Umdrehungsgeschwindigkeit eines überwachten Rades proportionales elektrisches Signal erzeugt. Je nach Ausstattung der Bremsanlage des Zugfahrzeuges kann jedes Rad einen eigenen Sensor haben; bei manchen Bremsanlagen kann es aber auch ausreichen, wenn nur jede Achse einen Sensor hat.

In ähnlicher Weise hat der Anhänger 12 mindestens ein Bremsventil 15 und mindestens einen Sensor 16. Ein Bremsvorgang wird durch eine Bremsanforderung 17 eingeleitet, beispielsweise durch Drücken eines Bremspedales im Zugfahrzeug. Diese Bremsanforderung wird in ein elektrisches Signal umgesetzt und einer Steuereinheit 18 zugeführt. Kernstück der Steuereinheit ist ein Mikroprozessor 19, dem neben der Bremsanforderung noch elektrische Signale einer Motorsteuerung 20 (Electronic Diesel Control), einer Blockierschutzeinrichtung 21, ein fahrzeugspezifischer Wert für den Luftwiderstand 22 und ein fahrzeugspezifischer, gespeicherter Wert 23 für die Masse des Zugfahrzeuges zugeführt werden.

Aus diesen zugeführten Werten ermittelt der Mikroprozessor 19 einen Sollwert für den Bremsdruck des Zugfahrzeuges, der über einen Regler 24 dem Bremsventil 13 zugeführt wird.

Weiterhin ermittelt der Mikroprozessor 19 aufgrund der Bremsanforderung 17 einen Sollwert für den Bremsdruck des Anhängers, der über einen Regler 25 dem Bremsventil 15 des Anhängers 12 zugeführt wird. Dieser Wert für den Brems-Solldruck des Anhängers wird gemäß dem oben beschriebenen Verfahren ermittelt, wobei die Bremskennlinie des Anhängers und die weiteren Parameter wzb. Funktionen zur Modifikation dieser Kennlinie in einem mit dem Mikroprozessor 19 verbundenen Speicher 26 abgespeichert sind. Bei diesen Parametern kann es sich beispielsweise um Werte für das oben beschriebene Kompatibilitätsband handeln sowie auch um die Grenzwerte für die Druckerhöhung oder einen Grenzwert für den maximal dem Anhänger zuzuführenden Bremsdruck.

Über Meßorgane 27 bzw. 28 wird der dem Zugfahrzeug bzw. dem Anhänger zugeführte tatsächliche Bremsdruck bestimmt und dem Mikroprozessor 19 oder den Reglern 24 bzw. 25 zugeführt. Bei diesen Meßorganen 27 und 28 kann es sich um Druckmeßdosens handeln; es ist aber bevorzugt auch möglich, die Drücke auf andere bekannte Weise zu ermitteln, beispielsweise durch Messung der Öffnungs- und Schließzeiten von Ventilen.

Selbstverständlich können die fahrzeugspezifischen Werte der Baugruppen 22 und 23 auch in dem Speicher 26 abgespeichert sein. Daneben kann auch die Blockierschutzfunktion von dem Mikroprozessor 19 übernommen werden.

Während jeder Bremsung werden aus gemessenen, daraus abgeleiteten und gespeicherten Werten laufend

Ist-Werte für die Abbremsung  $Z_{ist}$  des Anhängers bestimmt und in dem Speicher 26 abgespeichert. Aus einer Vielzahl solcher einzelnen "Meß-Werte" der Abbremsung wird dann von dem Mikroprozessor 19 die Abbremsungskennlinie  $Z_A$  der Fig. 3b bzw.  $Z_{ist}$  gemäß Fig. 3c ermittelt, was bevorzugt nach der Methode der kleinsten Fehlerquadrate erfolgt. Je mehr "Meß-Werte" vorliegen, desto genauer wird die Abbremsungskennlinie  $Z_{ist}$  dem tatsächlichen Bremsverhalten des Anhängers angepaßt sein. Daher wird diese Kennlinie mehrfach neu berechnet, was nach verschiedenen Kriterien erfolgen kann. Zum einen wird die Kennlinie zu Beginn einer Fahrt neu ermittelt. Der Beginn einer Fahrt kann beispielsweise durch Betätigen des Zündschlüssels erfaßt werden. Desweiteren kann die Neuberechnung der Kennlinie stets dann ausgelöst werden, wenn eine vorgegebene Anzahl neuer "Meß-Werte" erfaßt ist. Diese Anzahl kann beliebig festgesetzt werden und auch im Extremfall den Wert 1 erhalten. Auch ist es möglich, die Neuberechnung der Kennlinie stets im Anschluß an eine Bremsung durchzuführen.

Ist die Kennlinie einmal ermittelt, so wird beim nächstfolgenden Bremsvorgang der am Anhänger einzustellende Bremsdruck in Abhängigkeit von der Bremsanforderung und der Kennlinie so modifiziert, daß die Abbremsung des Anhängers dem gewünschten und für die Einhaltung des Kompatibilitätsbandes notwendigen Druck entspricht. Damit wird schon zu Beginn einer Bremsung der Bremsdruck für den Anhänger auf den "richtigen" Wert voreingestellt und muß nicht durch einen Regelvorgang während der Bremsung erst ermittelt werden.

Mit der Erfindung kann dann letztlich im Speicher 26 eine "Tabelle" bzw. Kennlinie gespeichert sein, die den Anhänger-Bremsdruck  $p_A$  in Abhängigkeit vom Bremsdruck des Zugfahrzeuges  $p_Z$  enthält, so daß jedem Bremsdruck für das Zugfahrzeug ein eindeutiger Bremsdruck für den Anhänger zugeordnet ist.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Einstellen der Bremskraft eines Anhängers eines aus einem Zugfahrzeug und mindestens einem Anhänger bestehenden Fahrzeugverbundes mit folgenden Schritten:
  - a) Ermitteln einer Vielzahl von Ist-Werten einer das Bremsverhalten des Anhängers charakterisierenden Größe als Funktion eines Bremsanforderungssignales und der dadurch ausgelösten Bremskraft des Anhängers für eine Vielzahl von am Zugfahrzeug eingesteuerte Bremsanforderungssignale;
  - b) Bestimmen einer Ist-Abbremskennlinie aus der Vielzahl von Ist-Werten der das Bremsdruckverhalten des Anhängers charakterisierenden Größen;
  - c) Festlegen einer Soll-Abbremskennlinie des Anhängers nach einer frei vorgebbaren Funktion aus der Ist-Abbremskennlinie des Anhängers;
  - d) Ermitteln eines Korrekturwertes für das Bremsanforderungssignal des Anhängers als Differenz zwischen der Soll-Abbremskennlinie und der Ist-Abbremskennlinie;
  - e) Verändern des Bremsanforderungssignales für das Zugfahrzeug um den Korrekturwert; und
  - f) Einsteuern des korrigierten Bremsanforderungssignales am Anhänger.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die das Bremsverhalten des Anhängers charakterisierende Größe der Quotient aus Bremskraft ( $F_{AH}$ ) des Anhängers und der Achslast ( $F_A$ ) des Anhängers ist.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Quotient aus Bremskraft des Anhängers und Achslast des Anhängers durch folgende Beziehung bestimmt:

$$Z_{ist} = \frac{m_A \cdot a - F_{KH} - F_{WD} + m_A \cdot g \cdot \sin \alpha}{m_A \cdot g \cdot \frac{l_K - l_{CG}}{l_K} \cdot \cos \alpha}$$

wobei

- $Z_{ist}$  der Istwert der Abbremsung
- $F_{AH}$  die Bremskraft zwischen Fahrbahn und den Rädern des Anhängers;
- $F_A$  die senkrecht zur Fahrbahn wirkende Achslast des Anhängers;
- $m_A$  die Masse des Anhängers;
- $a$  die Beschleunigung des Fahrzeugverbundes;
- $F_{KH}$  die horizontale Koppelkraft an der Anhängerkupplung;
- $F_{WD}$  die Kraft aus Summe von Rollwiderstand und Luftwiderstand;
- $g$  die Erdbeschleunigung;
- $\alpha$  die Hangneigung zwischen der Straße und einer horizontalen Ebene;
- $l_K$  der Abstand zwischen dem Königszapfen der Anhängerkupplung und der mittleren Achse des Anhängers; und
- $l_{CG}$  der Abstand zwischen dem Schwerpunkt des Auflegers und der mittleren Achse des Auflegers ist.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Ist-Abbremskennlinie aus den Ist-Werten der das Bremsverhalten des Anhängers charakterisierenden Größe nach der Methode der kleinsten Fehlerquadrate ermittelt wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Soll-Abbremskennlinie

innerhalb eines Kompatibilitätsbandes liegt, dessen Grenzen zu der Abbremskennlinie des Zugfahrzeuges einen vorgegebenen Abstand aufweisen.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Korrekturwert für die Bremsanforderung des Anhängers auf einen fest vorgegebenen Maximalwert begrenzt ist.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Korrekturwert für die Bremsanforderung des Anhängers derart begrenzt ist, daß der Maximalwert der Bremsanforderung des Anhängers einen fest vorgegebenen Wert nicht überschreitet.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die für die Bestimmung der das Bremsverhalten des Anhängers charakterisierenden Größe benötigten Werte der Masse des Anhängers und der Hangneigung zwischen der Fahrbahn und einer horizontalen Ebene durch folgende Schritte bestimmt werden:

- Messen der Fahrzeuggeschwindigkeit ( $v$ ),
- Messen einer mit der Antriebsenergie des Zugfahrzeuges verknüpften Größe ( $M_d$ ) und
- Messen einer mit der Bremsenergie verknüpften Größe ( $p$ ) zu drei verschiedenen Zeitpunkten ( $t_0, t_1, t_2$ ),
- Ermitteln der Gesamtenergie ( $E_0, E_1, E_2$ ) des Fahrzeugverbundes zu diesen drei genannten Zeitpunkten ( $t_0, t_1, t_2$ ) aus den gemessenen und aus fahrzeugspezifischen Größen entsprechenden gespeicherten Werten, wobei diese nach folgender Beziehung ermittelt wird:

$$E = E_{\text{antr}} + E_{\text{kin}} + E_{\text{pot}} - E_{\text{roll}} - E_{\text{vw}} - E_{\text{br}},$$

wobei

- $E$  die Gesamtenergie des Fahrzeugverbundes,
- $E_{\text{antr}}$  die Antriebsenergie als Funktion der mit der Antriebsenergie verknüpften Größe ( $M_d$ ),
- $E_{\text{kin}}$  die kinetische Energie des Fahrzeugverbundes als Funktion der Masse ( $m$ ) und der Geschwindigkeit ( $m/2 \cdot v^2$ ),
- $E_{\text{pot}}$  die potentielle Energie als Funktion der Masse ( $m$ ), des zurückgelegten Weges ( $s$ ) und des Hangneigungswinkels ( $\alpha$ ) nach der Beziehung  $m \cdot g \cdot s \cdot \sin(\alpha)$ ,
- $E_{\text{roll}}$  die Rollenergieverluste als Funktion der Masse, der Erdbeschleunigung und einer Konstanten,
- $E_{\text{vw}}$  die Windwiderstandsverluste als Funktion des Windwiderstandsbeiwertes und der Geschwindigkeit und
- $E_{\text{br}}$  die Bremsenergieverluste als Funktion der Fahrzeuggeschwindigkeit ( $v$ ) und der mit der Bremsenergie verknüpften Größe ( $p$ ) sind,
- Bestimmen der Fahrzeugmasse ( $m$ ) und des Hangneigungswinkels ( $\alpha$ ) aus den ermittelten Energiewerten ( $E_0, E_1, E_2$ ), wobei dazu zweimal je zwei der zu drei verschiedenen Zeitpunkten ( $t_0, t_1, t_2$ ) ermittelten Energiewerte ( $E_0, E_1, E_2$ ) als gleich groß angenommen werden ( $E_0 = E_1, E_0 = E_2$ ).

9. Verfahren nach Anspruch 8 dadurch gekennzeichnet, daß die Gesamtenergie ( $E_0$ ) zum ersten der drei genannten Meßzeitpunkte ( $t_0$ ) gleich der kinetischen Energie des Fahrzeugverbundes gesetzt, während alle übrigen Teilenergien zu Null gesetzt werden.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die drei genannten Meßzeitpunkte ( $t_0, t_1, t_2$ ) in äquidistanten Zeitabständen zueinander liegen, daß zu allen drei Meßzeitpunkten der Hangneigungswinkel als konstant angesetzt wird und daß die Energie ( $E_0$ ) zum ersten Meßzeitpunkt gleich der Energie ( $E_1$ ) zum zweiten und gleich der Energie ( $E_2$ ) zum dritten Meßzeitpunkt gesetzt wird, woraus dann die Fahrzeugmasse ( $m$ ) und der Hangabtriebswinkel ( $\alpha$ ) ermittelt wird.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die für die Bestimmung der das Bremsverhalten des Anhängers charakterisierenden Größe benötigten Werte der Masse des Anhängers und der Hangneigung zwischen der Fahrbahn und einer horizontalen Ebene durch folgende Schritte bestimmt werden:

- a<sub>1</sub>) Messen der Fahrzeuggeschwindigkeit ( $v$ ),
- a<sub>2</sub>) Ermitteln einer der aktuellen Getriebeübersetzung entsprechenden Größe ( $Gü$ ),
- a<sub>3</sub>) Ermitteln einer dem aktuellen Bremszustand entsprechenden Größe ( $Br'$ ),
- a<sub>4</sub>) Überprüfen mit Hilfe der der aktuellen Getriebeübersetzung entsprechenden Größe ( $Gü$ ) und der dem aktuellen Bremszustand entsprechenden Größe ( $Br'$ ), daß sich das Fahrzeug im nicht angetriebenen Zustand befindet und eine Bremse nicht betätigt ist, über eine Zeitspanne ( $T_0 - T_2$ ),
- a<sub>5</sub>) Ermitteln der Gesamtenergie ( $E_0, E_1, E_2$ ) des Fahrzeugverbundes zu drei verschiedenen Zeitpunkten ( $T_0, T_1, T_2$ ), die innerhalb der genannten Zeitspanne ( $T_0 - T_2$ ) liegen aus den gemessenen und aus fahrzeugspezifischen Größen entsprechenden gespeicherten Werten,
- a<sub>6</sub>) Ermitteln (1) des Hangneigungswinkels ( $\alpha$ ) aus den ermittelten Energiewerten,
- b<sub>1</sub>) Messen einer mit der Antriebskraft des Zugfahrzeuges verknüpften Größe ( $M_d$ ),
- b<sub>2</sub>) Messen der Fahrzeuggeschwindigkeit ( $v$ ),
- b<sub>3</sub>) Ermitteln einer der aktuellen Getriebeübersetzung entsprechenden Größe ( $Gü$ ),
- b<sub>4</sub>) Ermitteln einer dem aktuellen Bremszustand entsprechenden Größe ( $Br'$ ),
- b<sub>5</sub>) Überprüfen mit Hilfe der der aktuellen Getriebeübersetzung entsprechenden Größe ( $Gü$ ) und der dem aktuellen Bremszustand entsprechenden Größe ( $Br'$ ), daß sich das Fahrzeug im angetriebenen Zustand befindet und eine Bremse nicht betätigt ist zu einem Zeitpunkt ( $T_3$ ),
- b<sub>6</sub>) Ermitteln (2) der Masse des Fahrzeugverbundes ( $m$ ) mit Hilfe des Kräftegleichgewichts aus den



gemessenen und aus fahrzeugspezifischen Größen entsprechenden gespeicherten Werten und dem ermittelten Hangneigungswinkel ( $\alpha$ ) und

c) automatisches Einstellen der Bremskraftverteilung zwischen Zugfahrzeug und Anhänger in Abhängigkeit von der so ermittelten Masse des Fahrzeugverbundes (m).

12. Vorrichtung zum Einstellen der Bremskraft eines Anhängers eines aus einem Zugfahrzeug und mindestens einem Anhänger bestehenden Fahrzeugverbundes, mit Meß- und Rechenanordnungen (14, 16, 17, 20, 21, 22, 23, 19), die aus gemessenen und gespeicherten Größen eine das Bremsverhalten des Anhängers charakterisierende Größe ( $Z_{ist}$ ) als Funktion eines Bremsanforderungssignales und der dadurch ausgelösten Bremskraft des Anhängers für eine Vielzahl von am Zugfahrzeug (11) eingesteuerte Bremsanforderungen bestimmen, wobei die Recheneinheit (19) hieraus eine Ist-Abbremskennlinie aus der Vielzahl von Ist-Werten der das Bremsverhalten des Anhängers charakterisierenden Größen ermittelt und in einem Speicher (26) abspeichert, wobei die Recheneinheit (19) eine Soll-Abbremskennlinie ( $Z_{soll}$ ) des Anhängers (12) nach einer frei vorgebbaren Funktion aus der Ist-Abbremskennlinie des Anhängers ermittelt und Korrekturwerte ( $\Delta p$ ) für das Bremsanforderungssignal des Anhängers (12) aus der Differenz zwischen der Soll-Abbremskennlinie ( $Z_{soll}$ ) und der Ist-Abbremskennlinie ( $Z_{ist}$ ) ermittelt und ein Bremsanforderungssignal an ein Bremssteuerventil (15) des Anhängers (12) einsteuert, das dem um den Korrekturwert veränderten Bremsanforderungssignal für das Zugfahrzeug (11) entspricht.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

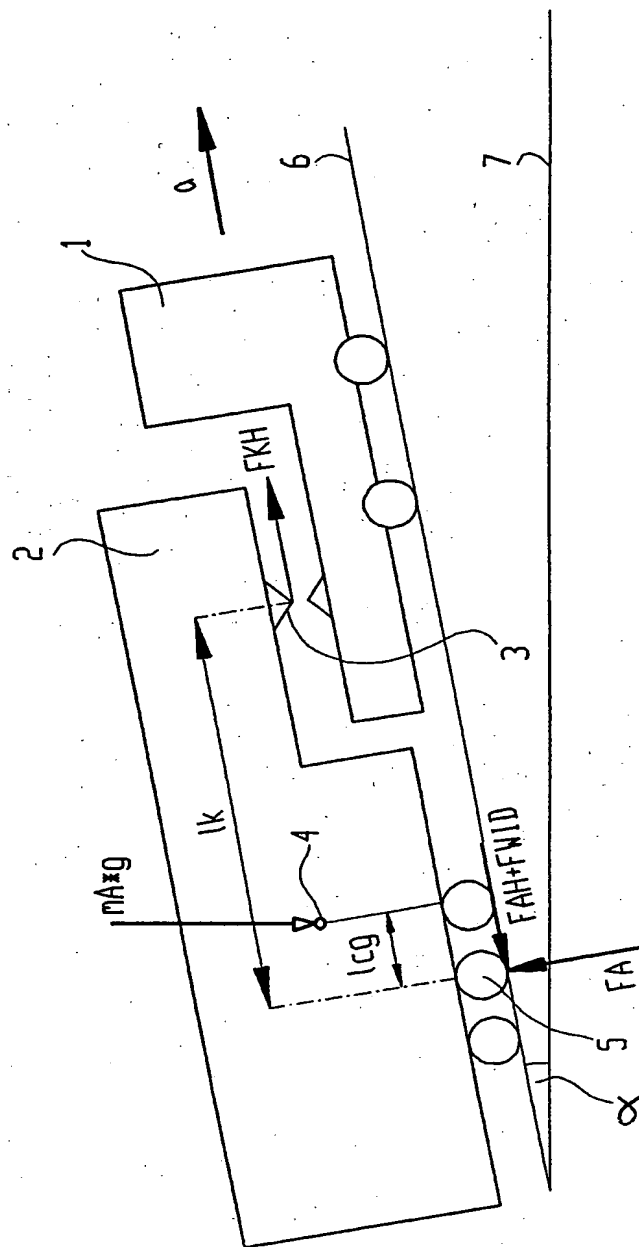


Fig. 1

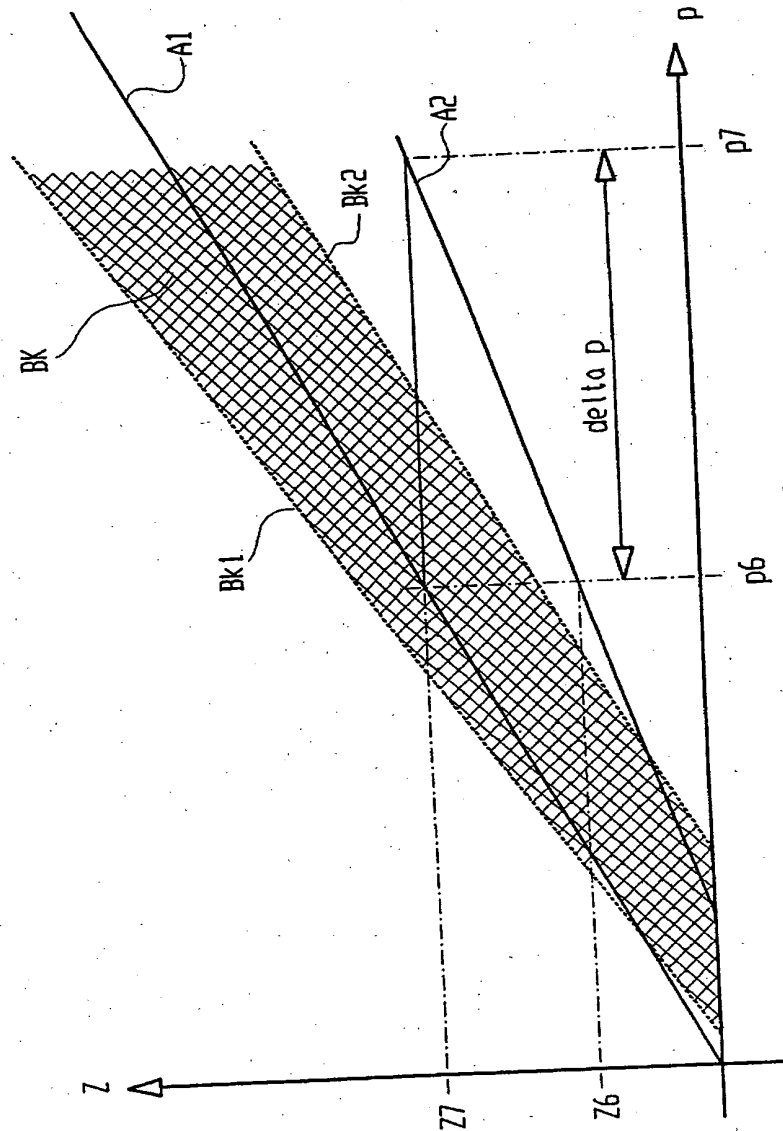
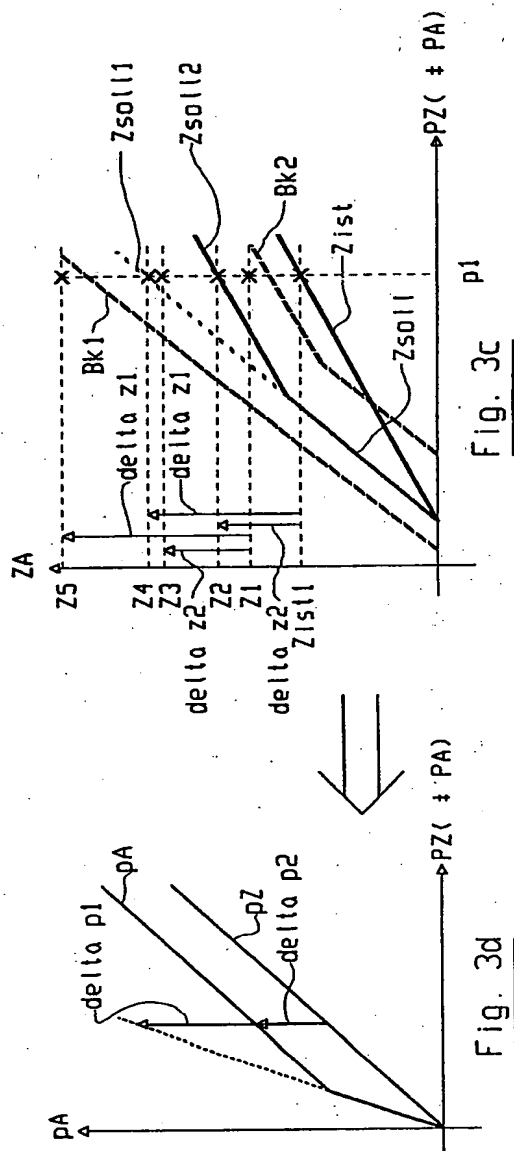
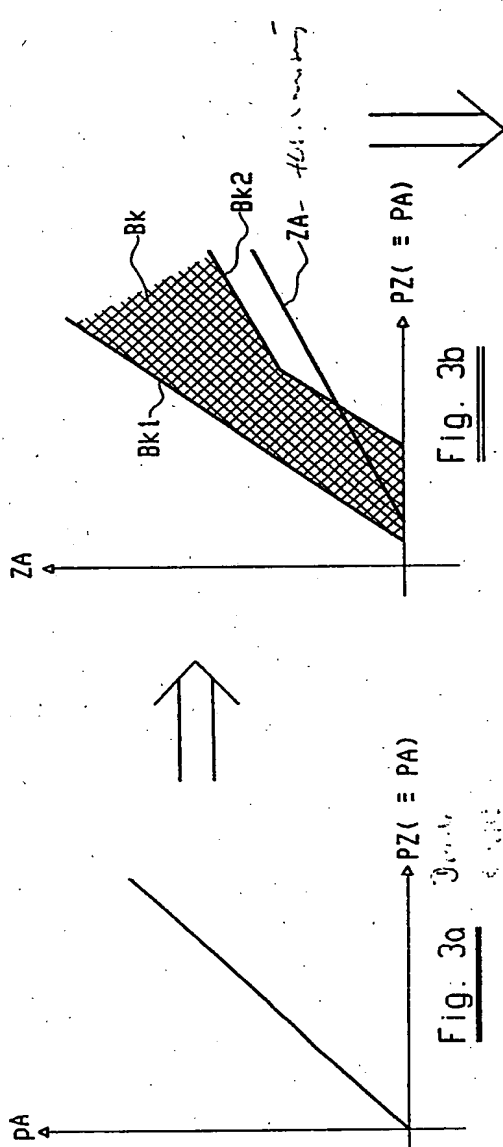


Fig. 2



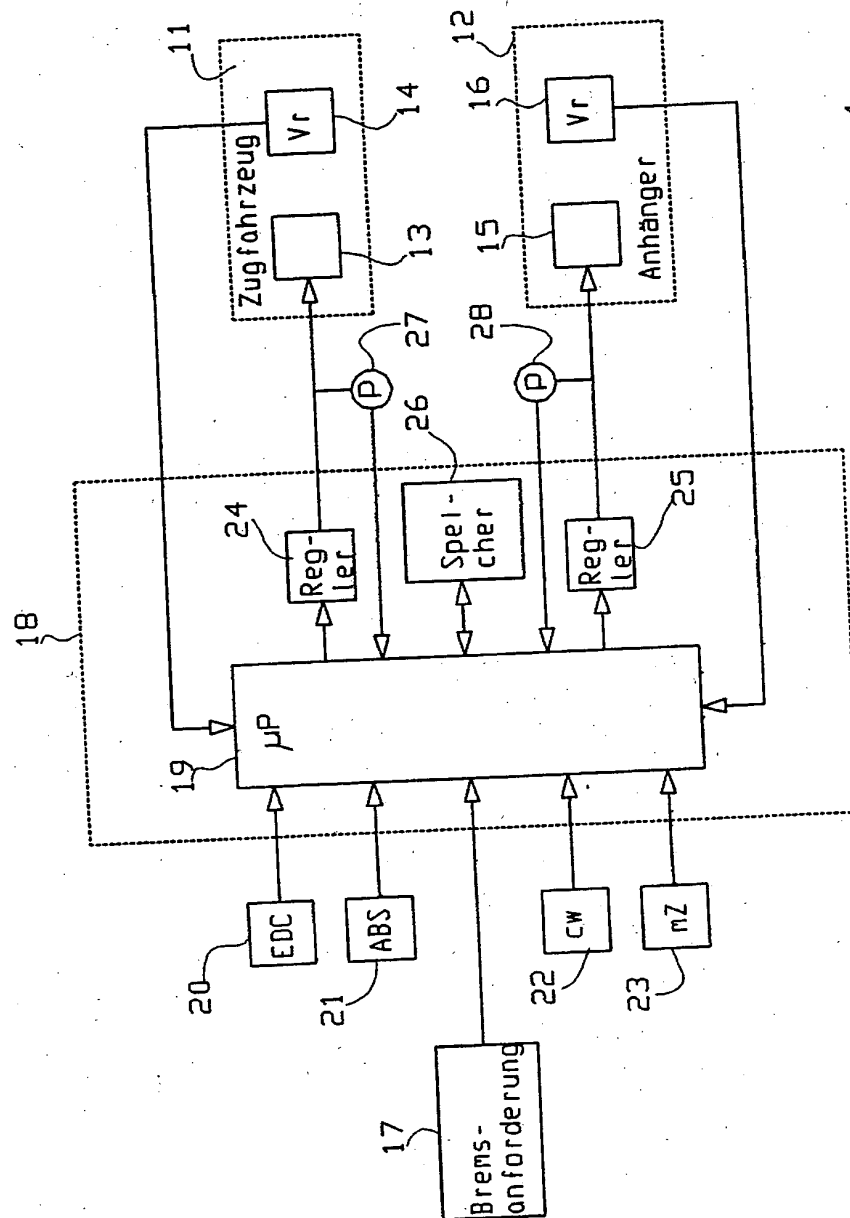


Fig. 4